

DIEGO GUILHERME BISCOUTO

**OTIMIZAÇÃO DO PREPARO DA BATIDA DE COLA FENÓLICA ATRAVÉS DA
ESTABILIZAÇÃO DA VISCOSIDADE**

Trabalho apresentado como requisito parcial
para conclusão do Curso de Engenharia
Industrial Madeireira, Setor de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.



CURITIBA

2009

DIEGO GUILHERME BISCOUTO

**OTIMIZAÇÃO DO PREPARO DA BATIDA DE COLA FENÓLICA ATRAVÉS DA
ESTABILIZAÇÃO DA VISCOSIDADE**

Trabalho apresentado como requisito parcial
para conclusão do Curso de Engenharia
Industrial Madeireira, Setor de Ciências
Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Venson

Dedico este trabalho a todos que sempre estiveram do meu lado durante os anos de graduação, e principalmente à minha família, que sempre pude contar por toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que me incentivaram sempre a procurar me esforçar ao máximo para conseguir realizar meus sonhos. Agradeço aos meus familiares, por tudo que representam para mim, aos meus amigos por sempre estarem ao meu lado, aos professores que acreditaram na minha capacidade de aprender. Agradeço a Deus, por sempre estar presente na minha vida.

A arte da vida consiste em fazer da vida uma obra de arte.

Mahatma Gandhi

RESUMO

Existem dois tipos de Painéis de Madeira, os Painéis de Madeira Reconstituída, e Painéis de Madeira Processada Mecanicamente, sendo estes formados pela união de lâminas de uma maneira que estas lâminas fiquem perpendiculares entre si. E tem o objetivo de atender o mercado de madeira, quando não são encontradas madeiras maciças com as dimensões desejadas, assim faz-se o uso dos painéis. Para que seja possível a produção dos painéis estes são unidos através de um adesivo adequado para a finalidade do painel. Os adesivos mais utilizados para a fabricação destes painéis são os adesivos à base de formaldeído, uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, que são misturados com algum extensor e formam a batida de cola, para assim depois de aplicados nas lâminas e formados os painéis, estes recebem pressão e temperatura promovendo a cura da cola e dando resistência aos mesmos. Este trabalho tem o intuito de otimizar o preparo da batida de cola com resina fenólica através do melhor tempo de agitação da batida para que ocorra a maior estabilidade da batida de cola durante o *pot life* da mesma, e após esta etapa, procurar analisar a possibilidade de redução da quantidade de farinha de trigo adicionada na batida de cola. Para essa otimização foram escolhidos quatro tempos de agitação diferentes (5, 10, 15 e 20 minutos), assim foram medidas as viscosidades destes tempos a cada 10 minutos com os métodos Brookfield e Copo Ford nº8. Após a análise do melhor tempo de agitação, foi reduzida a quantidade de farinha na batida de cola, substituindo-a por água, e com 15 minutos de agitação da batida de cola, foi possível uma redução de até 3,8% no custo total da batida.

Palavras chaves: Painéis, Adesivos, Viscosidade.

ABSTRACT

There are two types of wood panels, the reconstituted wood panels, and panels of Mechanically Processed Timber, which are formed by joining blades in a manner that these blades are perpendicular to each other. And aims to serve the market of wood, when not found hardwoods to size, so does the use of panels. To allow for the production of these panels are joined by an adhesive suitable for the purpose of the panel. The adhesives most commonly used to manufacture these panels are adhesives based on formaldehyde, urea-formaldehyde and phenol formaldehyde, which are mixed with extender and some form of glue to beat, so to apply after the blades and formed panels, they get pressure and temperature to promote the healing of the glue and giving resistance to them. This work aims to optimize the preparation of the strike with phenolic resin glue through the best time of turmoil hit to occur more stable hit of glue during the pot life of it, and after this step, an attempt to examine the possibility reduce the amount of flour added to the beat of glue. For this optimization were chosen four different stirring times (5, 10, 15 and 20 minutes), so we measured the viscosity of these times every 10 minutes with the methods and Brookfield Ford Cup No. 8. After considering the best time of agitation was reduced the amount of flour to the beat of glue, replacing it with water, and with 15 minutes shaking beat of glue, it was possible a reduction of up to 3.8% in the total cost beat.

Key words: Panels, Adhesives, Viscosity.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos – Brookfield	36
GRÁFICO 2 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos – Copo Ford nº8	36
GRÁFICO 3 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos – Brookfield ...	37
GRÁFICO 4 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos – Copo Ford nº8	38
GRÁFICO 5 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos – Brookfield ...	39
GRÁFICO 6 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos – Copo Ford nº8	39
GRÁFICO 7 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos – Brookfield ...	40
GRÁFICO 8 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos – Copo Ford nº8	41
GRÁFICO 9 – Valores médios da batida com redução de farinha – Brookfield	43
GRÁFICO 10 – Valores médios da batida com redução de farinha – Copo Ford nº8	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Classificação de Painéis Reconstituídos de Madeira	19
FIGURA 2 – Viscosímetro Brookfield	32
FIGURA 3 – Copo Ford nº8	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Análise das Características da Resina	29
TABELA 2 – Proporção dos Produtos para o Preparo da Batida de Cola	30
TABELA 3 – Preparação da Batida de Cola Fenólica	31
TABELA 4 – Relação da Velocidade de Rotação X Fuso	33
TABELA 5 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos	35
TABELA 6 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos	37
TABELA 7 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos	39
TABELA 8 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos	40
TABELA 9 – Valores médios da batida com redução de farinha	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO	14
2.1.1 Florestas Nativas	14
2.1.2 Florestas Plantadas	15
2.1.3 Importância das Florestas	15
2.1.4 Madeira Processada Mecanicamente	16
2.1.4.1 Produção e Consumo de Compensado	16
2.1.5 Impacto da Crise Econômica no Setor Florestal	17
2.2 PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA	18
2.2.1 Aspectos Gerais	18
2.2.2 Classificação dos Painéis de Madeira	19
2.2.3 Tipos de Painéis	19
2.3 PAINÉIS DE COMPENSADO	21
2.3.1 Processo de Produção de Painéis Compensados Multilaminados	22
2.3.2 Processo de Produção de Painéis Compensados Sarrafeados	23
2.4 ADESIVOS	24
2.4.1 Definição	24
2.4.2 Histórico	24
2.4.3 Classificação dos Adesivos	24
2.4.4 Tipos e Características dos Adesivos Termofixos	25
2.4.5 Mercado de Adesivos	27
2.4.6 Principais Fabricantes de Resinas	27
2.5 ADESÃO	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 RESINA	29
3.2 FARINHA DE TRIGO	29
3.3 ÁGUA	29

3.4	PREPARO DAS BATIDAS	30
3.5	ANÁLISE DAS BATIDAS	31
3.6	PROCEDIMENTOS DE MEDIDA DA VISCOSIDADE.....	31
3.6.1	Procedimento Viscosímetro Brookfield	32
3.6.2	Procedimento Copo Ford nº8	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1	TEMPO DE AGITAÇÃO COM MELHOR ESTABILIDADE DA VISCOSIDADE ...	35
4.2	REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE FARINHA NO PREPARO DA BATIDA	42
5	CONCLUSÕES.....	44
6	RECOMENDAÇÕES	45
	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Os painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeira em lâminas ou em fibras de madeira que são submetidos à pressão e temperatura. Os painéis podem ser classificados em dois tipos: Painéis de madeira reconstituída (MDF, chapas de fibra, aglomerado), e painéis de madeira processada mecanicamente (compensados sarrafeados, multilaminados, EGP).

Têm o objetivo de atender a necessidade da utilização de madeira com dimensões não encontradas em madeiras maciças, pela sua escassez, e pelo seu alto custo. Estes painéis podem ser utilizados em vários segmentos diferentes, como por exemplo: em móveis, construção civil, pisos.

Para a produção de painéis, tem-se o uso da cola, ou adesivo, que tem uma grande importância devido ao seu elevado custo quando comparado com a madeira, pois os adesivos usados atualmente são predominantemente sintéticos, tendo como elemento principal na sua formulação compostos derivados do petróleo, que por suas excelentes propriedades tem praticamente substituído os adesivos naturais.

Hoje em dia está ocorrendo um estudo cada vez maior na busca de redução de custos de produção e automatização do processo de fabricação, pois a matéria prima está se tornando escassa e seu custo está aumentando, sendo assim necessário que as empresas busquem otimizar seus processos produtivos, procurando alternativas para a redução dos insumos utilizados em seus processos.

Como a cola representa um alto custo na produção dos painéis de madeira, é preciso buscar soluções na preparação da batida da cola para que seu custo possa ser reduzido sem ter perda de qualidade no produto final.

Sendo assim este estudo tem o intuito de avaliar e otimizar o processo de fabricação da batida de cola com resina fenólica para a fabricação de painéis de compensados multilaminados através do tempo de agitação da batida. O estudo utilizará a resina fenólica devido ao fato dela ser usada para a fabricação de painéis para uso exterior, resistente a umidade, e por proporcionar uma melhor análise da sua viscosidade em função do tempo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é otimizar o processo de fabricação da batida de cola com resina fenólica para a fabricação de painéis compensados, com relação ao tempo de agitação da batida.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que seja possível a otimização do processo de fabricação da batida de cola com resina fenólica, devem ser cumpridos alguns objetivos específicos, são eles:

- Avaliar a estabilização da batida de cola através de diferentes tempos de agitação.
- Encontrar o melhor tempo de agitação da batida de cola para otimização do processo de fabricação da batida.
- Avaliar a redução de custo da fabricação da batida de cola com o melhor tempo encontrado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

“O território brasileiro encontra-se recoberto pelos mais variados ecossistemas florestais (Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e outros), o que posiciona entre os países com maior diversidade do planeta. Além disso, o país conta com plantações florestais nativas e exóticas distribuídas em praticamente todo o território nacional” (ABIMCI, 2008).

2.1.1 Florestas Nativas

Segundo a FAO (2005), a cobertura florestal brasileira de florestas nativas, representava um pouco mais de 50% da cobertura florestal da América Latina, podendo assim dizer que o país é detentor de aproximadamente 470 milhões de ha de florestas nativas. Sendo a grande maioria representada pela Floresta Amazônica, constituída por espécies tropicais. Porém somente parte dessa superfície está disponível para produção florestal baseada em florestas nativas. Essa inacessibilidade de parte do recurso florestal nativo está ligada a: unidades de conservação de proteção integral, falta de infra-estrutura de transporte, distância dos centros de consumo, e outros aspectos.

A partir deste contexto estudos da FAO estimam que cerca 45% da cobertura florestal nativa é representada por florestas nativas de produção, o que vale dizer que as florestas de produção abrangem pouco mais de 210 milhões de ha.

Segundo a ABIMCI (2008), para atender ao mercado de madeiras, a exploração de florestas tropicais se dão de duas maneiras: através de manejo florestal, e por intermédio de exploração seletiva. Porém é necessário que estes recursos tenham seu uso de forma racional, por considerar sua renovação futura. Hoje em dia, os governos, associações e entidades não-governamentais estão se voltando para a importância que essas florestas apresentam no desenvolvimento social e econômico do país. Sendo possível afirmar que o Brasil tem um grande potencial vindo das florestas nativas que poderiam ser usadas para a geração de bens e serviços através das técnicas de manejo florestal em regime de rendimento

sustentado. Para que isso seja possível, é necessária a adoção de políticas permanentes e de longo prazo para que esse potencial se transforme em bens e serviços, e possa dar respostas econômicas e sociais significativas ao desenvolvimento do país.

2.1.2 Florestas Plantadas

Em 2007 as florestas plantadas no Brasil chegaram a um total muito próximo de 6,0 milhões de ha, representando um aumento de 4,2% frente à área total plantada em 2006. Sendo que o eucalipto representa cerca de 62%, o pinus 30%, e 8% se refere a outras espécies (Teça, Paricá, outras) do total plantado em 2007. A maior concentração de florestas de eucalipto estão na região Sudeste, aproximadamente 57% das florestas, com florestas também nas regiões Sul, Norte, Centro-Oeste e Nordeste. Já as florestas de pinus estão localizadas com maior concentração na região Sul (aproximadamente 1.432 mil ha) (ABIMCI, 2008).

O ganho que está ocorrendo com relação à produtividade das florestas de pinus e eucalipto deve-se ao fato de estarem sendo utilizadas novas tecnologias silviculturais com altos investimentos em pesquisas e melhoramento genético.

Segundo a ABIMCI (2008), existe uma tendência onde as empresas voltadas para o setor de florestas plantadas continuam realizando investimentos visando principalmente: aumento nas taxas de crescimento, tolerância a pragas e enfermidades, tolerância a herbicidas, forma das árvores e adaptabilidade às condições climáticas e de solo, e outras.

2.1.3 Importância das Florestas

Mesmo as florestas nativas, principalmente a Amazônica, tendo um valor relativamente baixo na percepção da sociedade, as florestas são importantes para o Brasil, pois a venda de madeira está diretamente ligada ao Produto Interno Bruto (PIB), porém existem outros aspectos que não são levados tão a sério, mas deveriam, pois podem criar oportunidades de diferentes usos, como o grande potencial hidrelétrico da região, outros produtos não madeireiros (cascas, óleos e resinas). Estes produtos tem sido pouco explorados em seus potenciais econômicos,

porém existem parcerias de sucesso, como por exemplo, o governo do Acre e suas comunidades locais.

A cada dia o fomento florestal tem se tornado comum entre as grandes empresas que utilizam madeira em tora como principal matéria-prima, porque tem-se a possibilidade de ampliação da floresta em propriedades de terceiros, através de parcerias com produtores de pequeno, médio e grande porte. Estima-se que as diferentes empresas que trabalham com florestas plantadas estejam fomentando 620 mil há em áreas de proprietários rurais em vários estados brasileiros aproximadamente, isso considerando as principais modalidades contratuais: fomento florestal, parceria, arrendamento, e outros (ABIMCI, 2008).

2.1.4 Madeira Processada Mecanicamente

A madeira (tora) passa por vários processos de beneficiamento até chegar ao consumidor final, a partir deste beneficiamento que leva a produtos como: madeira serrada, lâminas de madeira, e cavacos. Estes podem ser levados a outros níveis de processamento antes de serem destinados aos consumidores finais, como compensados e produtos de maior valor agregado (ABIMCI, 2008).

2.1.4.1 Produção e Consumo de Compensado

No caso do compensado, é possível observar que desde 1998 o mercado brasileiro de compensados vem mostrando oscilações, podendo-se notar que no período de 1998-2007, a produção brasileira de compensados teve crescimento de 147,5%, enquanto o consumo teve decréscimo de -13,4%, com um crescimento anual médio no período de 10,6% para a produção e de -1,6% para o consumo,

A retração que ocorreu no consumo do compensado no mercado se deve na forte competição que ele está sofrendo dos painéis de madeira reconstituída (MDF e OSB) nos setores de móveis e construção civil.

Segundo a ABIMCI (2008), durante os últimos anos o mercado de compensados tem se mantido instável, e as exportações brasileiras apresentaram significativas reduções. Como existe uma forte dependência do mercado externo, os compensados de pinus e tropical estão sofrendo cada vez mais com a

desvalorização da moeda norte-americana frente ao real. Além disso, também teve o impacto nos Estados Unidos devido à desaceleração do setor de construção civil e do aumento dos impostos de importação sobre o compensado brasileiro em 2006. Isso acabou fazendo as empresas brasileiras procurarem novos nichos de mercado como China e Europa, já que os Estados Unidos era o maior importador de compensados do Brasil.

2.1.5 Impacto da Crise Econômica no Setor Florestal

Segundo a Ciflorestas (2009), a crise financeira mundial que está ocorrendo causou uma trégua na preocupação relacionada à devastação do meio ambiente. Pois com a recessão econômica, houve a escassez de crédito e redução do consumo, reduziu a demanda de países importadores de produtos derivados de madeira, porém essa redução também pode representar uma oportunidade para reparar danos causados ao meio ambiente e para a procura de alternativas para o uso mais responsável das florestas. Mesmo essa queda na demanda representando perda de renda e divisas no médio prazo, no longo prazo pode representar ganho sustentável nessa mesma riqueza.

O setor florestal também está sofrendo com a atual crise, alguns segmentos estão tendo um desafio para sobreviver a ela. O desemprego é uma realidade, por razões diretas da crise, e indiretas por operações financeiras mal sucedidas (PAINEL FLORESTAL, 2009).

Segundo visitas nas fábricas de compensados, a crise econômica fez os exportadores, voltando praticamente toda a sua produção para o mercado interno, o que acabou ocasionando um aumento de competitividade no mercado interno de painéis de madeira, visto que o mercado externo teve uma grande diminuição de demanda de painéis. Isso acabou provocando uma queda nos preços dos painéis, e por consequência criou também um aumento de competitividade nos fornecedores de matéria-prima para as fábricas de painéis.

2.2 PAINÉIS DE MADEIRA RECONSTITUÍDA

2.2.1 Aspectos Gerais

Em função do crescimento diferenciado da árvore nos seus sentidos axial e transversal, forma seu lenho com estrutura anisotrópica e heterogênea, com disposições, características e frequência dos elementos celulares tem algumas limitações naturais no uso da madeira com relação às dimensões das peças, anisotropia e defeitos naturais. Tendo assim uma restrição nas larguras das peças em função do diâmetro e altura das árvores, e como a madeira apresenta estrutura anisotrópica, tem suas propriedades mecânicas e não mecânicas distintas nas direções de crescimento radial, tangencial e longitudinal (MARRA, 1992).

A partir dessas limitações da madeira, tem-se a importância do uso dos adesivos que através da redução madeira em peças menores, de várias formas geométricas, são reordenadas e reconstituídas através de ligações adesivas, em produtos com propriedades diferentes da madeira sólida (MARRA, 1992).

De acordo com IWAKIRI (2005), os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de ligação adesiva.

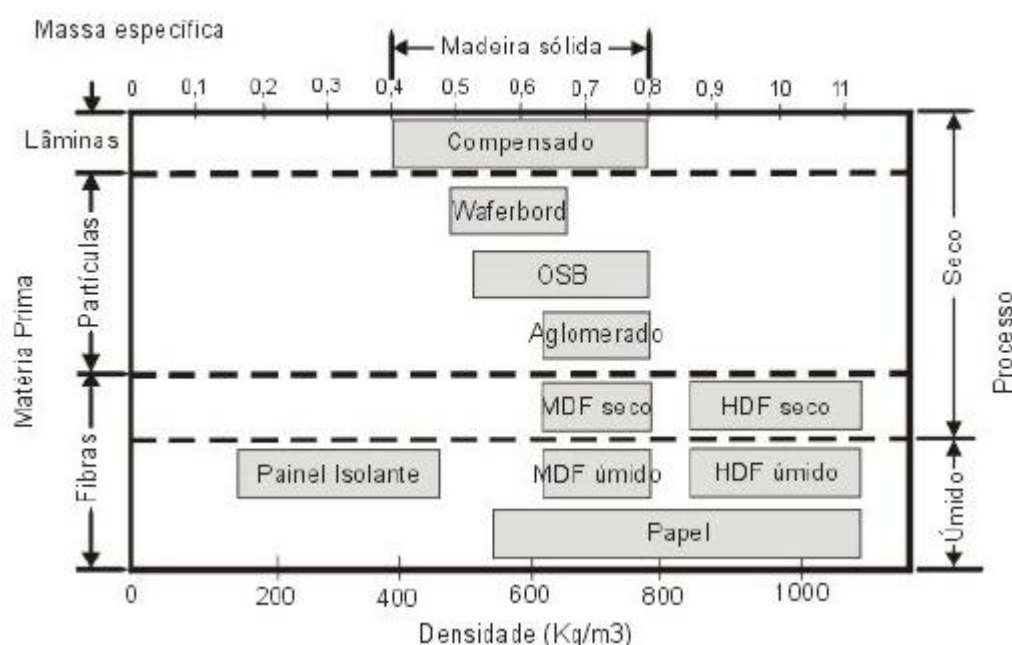
Segundo MARRA (1992), na busca por uma melhor qualidade de vida, o princípio de construção que é empregado na fabricação dos diferentes tipos de painéis de madeira, contribui na realização de três tipos de benefícios à sociedade, são eles:

- Melhoria das propriedades dos produtos compostos de madeira e, desta forma, aumentar a gama de utilização;
- Aumento na oferta de produtos de madeira a partir de uma determinada área florestal com a utilização racional e integral da madeira;
- Servir como produtos alternativos aos materiais provenientes de recursos metálicos e poliméricos (petroquímicos), com propósitos de construção e fabricação de bens de consumo.

2.2.2 Classificação dos Painéis de Madeira

De acordo com YOUNGQUIST (1999), os painéis reconstituídos de madeira podem ser classificados em três categorias básicas: painéis laminados, painéis particulados e painéis de fibra. Como pode ser observado na figura 1.

FIGURA 1 – Classificação de Painéis Reconstituídos de Madeira.



Fonte: SUCHSLAND E WOODSON (1986) – RAZERA (2006).

Como é possível observar na figura 1, segundo YOUNGQUIST (1999), os painéis são classificados em função da caracterização matéria-prima, pelo processo e pela massa específica.

2.2.3 Tipos de Painéis

Desde o início da produção de painéis compensados no final do século XIX, inúmeros tipos de painéis de madeira foram surgindo até o momento, sempre com a preocupação em busca de novos produtos com melhor relação custo/benefício, para aplicações específicas a que se destinam.

IWAKIRI (2005) apresenta os conceitos básicos dos principais tipos de painéis de madeira da seguinte forma:

- **Compensado Multilaminado:** Painel composto de lâminas de madeira sobrepostas em número ímpar de camadas, formando um ângulo de 90° entre as camadas adjacentes;
- **Compensado sarrafeado (Blockboard):** Painel com miolo composto de sarrafos e as faces com lâminas de madeira;
- **Painéis de lâminas paralelas (Laminated veneer lumber – LVL):** Painel constituído de lâminas de madeira coladas no mesmo sentido da grã;
- **Compensado de lâminas paralelas (Lamyboard):** Painel com miolo formado por painéis de lâminas paralelas, seccionados no sentido longitudinal, e viradas em ângulo de 90°. As faces são constituídas de lâminas de madeira;
- **Painéis de colagem lateral (Edge Glued Panel – EGP):** Painel composto de sarrafos colados lateralmente e nos topos através de “finger-joints”;
- **THREE-PLY:** Painel constituído de três camadas cruzadas de painel de colagem lateral (EGP);
- **Painéis de madeira aglomerada:** Painel produzido com partículas de madeira encoladas normalmente com resina uréia-formaldeído, com distribuição aleatória das partículas e consolidado através de prensagem a quente;
- **Waferboard:** Painel de uso estrutural, produzido com partículas maiores de formatos quadrado ou ligeiramente retangular, encoladas com resina fenol-formaldeído, com distribuição aleatória das partículas e consolidado através de prensagem a quente;
- **Painéis de partículas orientadas (Oriented Strand Board – OSB):** Painel de uso estrutural produzido com partículas longas de formato retangular, encoladas com resinas fenol-formaldeído e/ou isocianato, orientadas na mesma direção, consolidado através de prensagem a quente;
- **COM-PLY lumber:** Painel constituído com miolo formado por partículas de madeira encoladas normalmente com resina fenol-formaldeído, com distribuição aleatória ou orientada e faces compostas de lâminas de madeira, e consolidado através de prensagem a quente;

- **Parallel Strand Lumber (PSL – Parallam):** Painel produzido a partir de lâminas de madeira transformada em formato de “filete”, em dimensões médias de 1,3 cm de largura e 94 cm de comprimento, encoladas com resinas para compensados, orientadas na mesma direção e consolidado através de prensagem a quente;
- **Painéis de fibras isolantes (Insulation board):** Painéis de fibras de baixa densificação, produzidas a partir de fibras de madeira com a ligação primária derivada do interempastamento das fibras e de suas inerentes propriedades adesivas;
- **Painéis de fibras duras (Hardboard):** Painéis de fibras de alta densificação, com espessura fina e homogênea, produzidas a partir de fibras de madeira encoladas com resina fenol-formaldeído e consolidados através de prensagem a quente;
- **Painéis de fibras de média densidade (Medium Density Fiberboard – MDF):** Painéis de fibras de média densificação, produzidas a partir de fibras de madeira encoladas normalmente com resina uréia-formaldeído e consolidados através de prensagem a quente;
- **Painéis de madeira-cimento:** Painéis produzidos a partir da mistura de partículas de madeira com cimento e produtos químicos aceleradores de cura e consolidados através de prensagem a frio.

2.3 PAINÉIS DE COMPENSADO

Painéis compensados podem ser conceituados de várias maneiras. De acordo com WOOD HANDBOOK (1999), são definidos como painéis construídos sempre com um número ímpar de camadas com a direção da grã das camadas adjacentes orientadas perpendicularmente à uma outra. O painel tem em suas faces uma lâmina denominada capa e contra-capas, e seu interior pode ser de três formas: laminado, sarrafeado, ou particulado.

Segundo IWAKIRI (2005) citando MENDES (1996), o painel compensado é definido como um conjunto de lâminas de madeira arranjado previamente, de modo que o sentido das fibras de uma lâmina seja posicionado em sentido perpendicular aos das lâminas adjacentes, e colados sob efeitos de pressão e temperatura.

Painel compensado tem alta resistência para peso e forças em sua espessura, tendo rigidez e resistência iguais em seu comprimento e largura, tem também excelente estabilidade dimensional ao longo de sua área. Tem inchaço menor que painéis de partículas, e oferece segurança para aplicações de parafusos e pregos perto de suas margens (WOOD HANDBOOK, 1999).

2.3.1 Processo de Produção de Painéis Compensados Multilaminados

De acordo com IWAKIRI (2005), o processo de produção de painéis compensados multilaminados segue as seguintes etapas:

- **Junção de lâminas:** como nem sempre as lâminas apresentam as larguras finais conforme as dimensões dos painéis, assim tendo em vista o seu melhor aproveitamento é realizada a junção delas que pode ser através de alguns métodos (com fios de nylon embebidos em resina hot-melt, através de fitas adesivas perfuradas, e colagem lateral);
- **Preparação e Aplicação do Adesivo:** o adesivo é preparado num misturador ou bateadeira, de acordo com a formulação e a quantidade de cada um dos componentes. A formulação do adesivo é definida em função do tipo de resina e dos níveis de qualidade requeridos do compensado. A aplicação do adesivo pode ser feita de algumas maneiras: aplicador de rolos, de spray, de cortina ou por extrusão;
- **Montagem do Compensado:** É a operação de sobreposição de lâminas com adesivo, de acordo com a composição pré-estabelecida e obedecendo ao princípio de laminação cruzada;
- **Pré-prensagem:** É adotada devido ao aumento na qualidade da colagem, da produtividade e redução dos defeitos de fabricação;
- **Prensagem a Quente:** Pode ter seu sistema de aquecimento elétrico, a óleo ou a vapor. Tem como variáveis de controle a pressão, temperatura e tempo de prensagem;
- **Acondicionamento:** Visa, além da cura adicional da resina, a equalização do gradiente de umidade e temperatura;

- **Acabamento:** Envolve as etapas de acondicionamento, esquadreamento, calibração e lixamento;
- **Classificação:** Onde os painéis são classificados de acordo com sua finalidade de uso e qualidade;
- **Embalagem:** Local onde ocorre a colocação dos painéis em embalagens para o transporte;
- **Armazenamento:** Local onde os painéis são estocados até a venda para o cliente.

2.3.2 Processo de Produção de Painéis Compensados Sarrafeados

É uma alternativa para a utilização de resíduos de serrarias, principalmente os constituídos de peças pequenas de madeira que são normalmente descartadas, ou destinadas à geração de energia (IWAKIRI, 2005).

De acordo com IWAKIRI (2005), as etapas do processo de fabricação dos painéis compensados sarrafeados são as seguintes:

- **Secagem/Classificação dos sarrafos:** Etapa onde os sarrafos são classificados em função da sua espessura e largura;
- **Aplainamento:** Dimensionamento dos sarrafos;
- **Junção de Sarrafos:** Pode ser feita através da colagem lateral, ou por sistema de “amarração”, que consiste em aplicação de fios de nylon com cola hot-melt aplicados no sentido perpendicular aos sarrafos;
- **Prensagem à Quente:** Colagem das lâminas de transição;
- **Calibração:** Lixadeira, onde ocorre o ajuste da espessura;
- **Prensagem à Quente:** Colagem das lâminas da capa e contra-capas;
- **Esquadreamento:** Corte do painel na largura e espessura desejada;
- **Lixamento:** Acabamento das superfícies do painel
- **Classificação:** Onde os painéis são classificados de acordo com sua finalidade de uso e qualidade;
- **Embalagem:** Local onde ocorre a colocação dos painéis em embalagens para o transporte;

- **Armazenamento:** Local onde os painéis são estocados até a venda para o cliente.

2.4 ADESIVOS

2.4.1 Definição

Segundo o artigo técnico da ABIMCI (2003), adesivo é um material com propriedades aderentes, ou seja, uma substância capaz de manter unidos outros materiais em suas superfícies.

2.4.2 Histórico

Segundo relatos, os primeiros adesivos eram gomas arábicas provenientes de essências florestais e de resinas de algumas árvores. Começaram a desenvolver alguns tipos de adesivos que tinham certa resistência à umidade e podiam ser usados em temperatura ambiente, isso depois da Primeira Guerra Mundial. O Primeiro adesivo sintético a base de fenol-formaldeído, surgiu por volta de 1930, para uso na indústria, e assim também começaram a utilizar adesivo a base de uréia-formaldeído, para a produção de madeira compensada com utilização na produção de móveis com utilização interna devido a apresentar baixa resistência a umidade. Assim com o desenvolvimento dos adesivos sintéticos, a produção de painéis de madeira teve um impulso, pois com resinas líquidas, a qualidade dos painéis pode ser elevada.

2.4.3 Classificação dos Adesivos

Os adesivos utilizados para colagem de madeiras podem ser classificados em adesivos naturais (de origem animal, vegetal, amido, éter celulósico, borracha natural), e adesivos sintéticos (IWAKIRI, 2005).

De acordo com VICK (1999), os adesivos sintéticos podem ser classificados de duas maneiras: adesivos termoplásticos e adesivos termofixos.

- **Adesivos Termoplásticos:** Neste tipo de adesivos a mudança física para sólida pode ocorrer de duas maneiras: perda de solvente por evaporação e dispersão sobre a madeira, ou redução da temperatura do adesivo na superfície da madeira;
- **Adesivos Termofixos:** Neste tipo de adesivo a forma sólida é alcançada através da polimerização química dentro da ligação estrutural, e quando sob aquecimento sofre mudanças químicas irreversíveis, se tornando rígido e insolúvel pela reação de policondensação. Este adesivo e a madeira transportam água, e para que o adesivo tenha cura completa essa água deve ser evaporada e absorvida pela madeira.

2.4.4 Tipos e Características dos Adesivos Termofixos

Na fabricação de painéis reconstituídos de madeira, os principais tipos de adesivos termofixos utilizados são:

- **Uréia-formaldeído:** Têm na sua composição principal uréia e formaldeído. Sendo a uréia produzida pela reação de dióxido de carbono e amônia, e o formaldeído pela oxidação do metanol preparado a partir de monóxido de carbono e hidrogênio, ou também de petróleo. A resina de uréia-formaldeído é utilizada por mais de 90% das fábricas de compensado, isso devido o seu baixo custo, porém essa resina tem desvantagens em relação à susceptibilidade à degradação hidrolítica na presença de umidade e/ou ácidos em temperaturas elevadas e moderadas (VICK, 1999);
- **Fenol-formaldeído:** Resina com coloração vermelha escura, e tem sua temperatura de cura na faixa de 130-150°C. É obtida por meio de reação de fenol com o formaldeído. Tem seu uso principalmente em painéis resistentes a prova d'água, como compensados estruturais. Apresenta como sua característica principal a resistência a umidade, tendo sua classificação como uso exterior. Tem também uma emissão de formaldeído geralmente em taxas mais baixas com relação à resina uréia-formaldeído, e seu custo fica em torno de 2,5 vezes o da resina uréia-formaldeído (VICK, 1999);
- **Melamina-formaldeído:** tem coloração branca leitosa, e vantagens como resistência à umidade em relação a resina uréia-formaldeído e cura mais

rápida que a fenol-formaldeído. Sua cura final ocorre no meio ácido, sendo utilizados os mesmos catalisadores que na resina uréia-formaldeído, tendo sua temperatura de cura na faixa de 65-130°C, e na temperatura de 130°C não é necessário o uso de catalisador. Tem seu custo superior à resina fenol-formaldeído, e seu uso principal são para painéis decorativos. Pode ser misturada com resina uréia-formaldeído, sendo comercializada como melamina-uréia-formaldeído (VICK, 1999);

- **Isocianeto ou MDI:** Comparado com as resinas uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, tem uso mais recente, ganhando parte do mercado em função do interesse público sobre problemas de emissão de formaldeído livre. Sua utilização se dá na maioria das fábricas de OSB, sendo uma resina muito eficiente e apresentando alta performance em painéis de partículas estruturais. Tem desvantagem em relação à aderência em superfícies metálicas e tem seu custo mais elevado do que as resinas a base de formaldeído (VICK, 1999);
- **Resorcina-formaldeído:** Resina de cura a frio com a utilização de catalisador, é utilizada na fabricação de vigas laminadas, em construções navais, aviação, etc. Substância fenólica de reatividade muito mais alta que o fenol, porém devido ao seu alto custo de produção, geralmente ele é misturado no fenol na mesma proporção, com a adição de paraformaldeído antes da sua utilização. Tem tempo de prensagem variável em função da temperatura ambiente (IWAKIRI, 2005);
- **Licor sulfito:** Resina sintetizada a partir do licor negro, vindo das fábricas de celulose que utilizam o processo de sulfito. Seu desenvolvimento comercial se deu na Dinamarca e Finlândia na década de 60, destinada a produção de painéis aglomerados. Tem baixo custo, os painéis têm resistência mecânica moderada, porém boa estabilidade dimensional e resistência a umidade, no entanto, tem limitações no tempo de prensagem, que é preciso alta temperatura e o tempo é longo (IWAKIRI, 2005);
- **Tanino-formaldeído:** Resina muito utilizada na África do Sul e Nova Zelândia. Apresenta algumas limitações como a baixa resistência coesiva e à umidade, podendo ser diminuída se adicionadas pequenas quantidades de outras resinas, como resorcinol, uréia-formaldeído, fenol sintético. É

comercializada no formato de pó, tendo relativamente vida útil longa (IWAKIRI, 2005).

2.4.5 Mercado de Adesivos

O consumo de adesivos e selantes cresceram muitos nos últimos anos, com mercado estimado de U\$ 350 milhões, e representando uma demanda global de 2,1%. Porém a partir da crise mundial que teve início em 2008, houve uma grande queda no consumo de adesivos principalmente no setor de painéis, isso devido à queda nas importações de painéis reconstituídos de madeira. Junto com essa queda na fabricação de painéis, as fabricantes dos mesmos, começaram a procurar diminuir custos de produção, para poder continuar no mercado, mesmo em crise, e como a cola representa em torno de 10-20% do custo do painel, houve um aumento de concorrência na venda de adesivos, uma vez que a demanda diminuiu consideravelmente.

A expectativa é que com a reestabilização das fabricas de painéis, e a volta do consumo, a setor de adesivos volte a ter um crescimento como antes desta crise.

2.4.6 Principais Fabricantes de Resinas

Os principais fabricantes de resinas para painéis são:

- **GPC Química S/A:** Produz resinas termofixas para a fabricação de painéis, para o setor de não tecidos, e abrasivos, também produz vernizes para tratamentos de pisos. Possui três plantas que estão localizadas em Araucária – PR, Gravataí – RS, e Uberaba – MG;
- **Hexion Química:** Produz resinas termofixas para os mercados moveleiro, madeireiro, construção civil, produz também adesivos PVA para o segmento madeira;
- **RoyalPlás:** Fornece produtos para fabricantes de laminados, compensados, MDF e aglomerados de madeira, móveis, abrasivos e vernizes;

- **Dynea Brasil S/A:** Produz resinas para painéis, tendo sua planta brasileira instalada em Araucária – PR;

2.5 ADESÃO

De acordo com IWAKIRI (2005), adesão é um fenômeno físico-químico que provê um mecanismo de interação entre superfícies sólidas e uma segunda fase, que consiste de partículas individuais como moléculas, pó, pequenas gotas, etc.

Os mecanismos envolvidos no processo de adesão podem ser explicados por algumas teorias:

- **Teoria mecânica:** Devido a sua fluidez, o adesivo líquido penetra em substratos porosos, ocorrendo posteriormente a solidificação, com a formação de ganchos presos entre os substratos;
- **Teoria da difusão de polímeros:** A adesão ocorre através da difusão de segmentos de cadeias de polímeros a nível molecular;
- **Teoria da adesão química:** A adesão ocorre através de ligações primárias, iônicas ou covalentes, e/ou por forças intermoleculares secundárias.

Conforme MARRA (1992), o adesivo realiza alguns movimentos durante a adesão, que são:

- **Fluidez:** Espalhamento do adesivo sobre a superfície do substrato;
- **Transferência:** Transferência do adesivo para o substrato;
- **Penetração:** Movimento onde o adesivo penetra na estrutura do substrato;
- **Umedecimento:** movimento realizado pelo adesivo para recobrir a estrutura submicroscópica do substrato;
- **Solidificação:** mudança do adesivo do estado líquido para o sólido, por processos químicos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir estão descritos os materiais e os métodos utilizados para a preparação das batidas de cola e suas análises.

3.1 RESINA

A resina utilizada foi a resina do tipo fenólica, cedida pela empresa GPC Química, onde suas características estão descritas na tabela abaixo:

Tabela 1 - Análise das Características da Resina.

Análise Resina - Residur AD 1102		
Lote	300409/05	
	Especificação	Análise
Aspecto	Liq. Vermelho	OK
Viscosidade 25 °C (CP)	400 - 800	550
pH 25°C	11,5 - 13,0	12,4
Densidade 25°C (g/cm ³)	1,19 - 1,23	1,2117
Índice de Refração	1,4700 - 1,4780	1,4738
TNV (%)	49,0 - 51,0	49,6
Tempo de Gel 121°C (min)	6' - 11'	6'57"

Fonte: Autor.

3.2 FARINHA DE TRIGO

Para o preparo da batida de cola foi usada farinha de trigo para uso industrial, agindo como extensor na batida de cola. Foi escolhida a farinha de trigo, pois é o produto mais utilizado pelas fabricas de painéis de compensado como extensor.

3.3 ÁGUA

Foi utilizada água normal da rede de abastecimento sem nenhum tratamento para o preparo das batidas, já que as empresas utilizam água dessa maneira para o preparo de suas batidas.

3.4 PREPARO DAS BATIDAS

Foram preparadas quatro batidas de cola com a proporção de acordo com item B da Tabela 2, que é a batida padrão que o boletim técnico da resina aconselha usar. Cada das batidas tiveram um tempo de agitação diferente com três repetições para cada tempo, sendo cada batida preparada alternadamente para que se evitasse tendência no preparo das batidas. Para assim ser feita a análise de qual o melhor tempo de agitação para que a viscosidade tenha uma melhor estabilização durante seu *pot life*.

Tabela 2 - Proporção dos Produtos para o Preparo da Batida de Cola.

Proporção dos Produtos		
Componente	A	B
Resina	100 Kg	100 Kg
Água	15 Kg	20 Kg
Farinha de Trigo	15 Kg	20 Kg

Fonte: GPC Química – Adaptado pelo Autor.

Para o tempo mínimo de agitação da batida de cola e o teor de sólidos ativos mínimo na batida de cola, foram seguidos os parâmetros do Programa Nacional da Qualidade da Madeira - Compensados de Madeira Tropical e Pinus (PNQM-CT e PNQM-CP), onde diz que o tempo mínimo de agitação da batida de cola é de 4 minutos, e o teor de sólidos ativos mínimo deve ser de 35% de sólidos (Tabela 3), que pode ser calculado a partir da fórmula abaixo.

$$\% \text{ de sólidos ativos} = \frac{\text{TNV} \times \text{Quantidade de Resina}}{\text{Quantidade Total da Batida}}$$

Onde:

- TNV: é o teor de não voláteis da Resina (%);
- Quantidade de resina: Peso da Resina em (Kg);
- Quantidade Total da Batida: Soma dos Pesos de Todos os Produtos que formam a Batida (Kg).

Tabela 3 – Preparação da Batida de Cola Fenólica

Preparação da Cola Fenólica	
Tempo de Batida	> 4 minutos
% Sólidos Ativos	> 35 %

Fonte: ABIMCI – Adaptado pelo Autor.

Assim foram definidos os tempos de agitação de 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos e 20 minutos. O tempo mínimo de agitação de 5 minutos foi definido devido ao parâmetro do PNQM, e por ser o tempo mais utilizado pelas empresas. Já o tempo máximo de agitação foi definido como 20 minutos, pois um tempo maior que este pode trazer problemas quanto ao tempo de utilização da batida de cola, e também em relação as perdas na questão da montagem dos painéis. Assim com os tempos máximo e mínimo definidos, os tempos intermediários de agitação foram escolhidos como 10 e 15 minutos através de conversas com técnicos do setor.

3.5 ANÁLISE DAS BATIDAS

Para a análise das viscosidades das batidas foram definidos como parâmetros a medição nos equipamentos: Viscosímetro Brookfield (Figura 2), e Copo Ford número 8 (Figura 3).

Estes dois métodos são os principais utilizados, sendo que o Brookfield é utilizado nos laboratórios por ter um custo maior que o Copo Ford nº8, é também mais preciso que o Copo Ford. Já o Copo Ford nº8, é o método mais utilizado nas fabricantes de painéis, já que seu uso é mais prático e o aparelho tem um custo mais baixo que o Viscosímetro Brookfield. O Copo Ford tem sua unidade em segundos, e o Viscosímetro Brookfield tem sua unidade em CP.

Após as batidas serem preparadas, foi medida a viscosidade a cada 10 minutos durante o *pot life* das batidas, ou seja, durante o período de 1 hora com os dois equipamentos, assim foi possível verificar em qual dos tempos de agitação das batidas, a viscosidade teve melhor estabilização.

Depois da análise do melhor tempo de agitação da batida de cola, foi feita uma nova batida com a proporção de 100 partes de resina – 25 partes de água – 15

partes de farinha, para verificar a possibilidade de diminuição da quantidade de farinha na composição da batida e assim possível redução no custo final da batida.

3.6 PROCEDIMENTOS DE MEDIDA DA VISCOSIDADE

As medidas foram realizadas em laboratório com temperatura e umidade controladas, assim como a temperatura da batida de cola também foi sempre controlada e mantida a mesma para a realização de todas as medidas. A temperatura das batidas de cola foram mantidas em 25°C aproximadamente.

3.6.1 Procedimento Viscosímetro Brookfield

Figura 2 – Viscosímetro Brookfield



Fonte: GPC Química.

Para realizar as medidas da viscosidade com o Viscosímetro Brookfield, foi utilizado um viscosímetro de modelo LVF, e foi seguido o seguinte procedimento:

- Escolha do fuso 4 para realizar as medidas. Sendo este fuso o mais indicado para viscosidades altas;
- Escolha da rotação do viscosímetro. Escolha feita de acordo com a viscosidade da batida de cola;
- Mergulhou-se o fuso na batida de cola até o indicador do próprio fuso.
- Travou-se o ponteiro no zero;

- Ligou-se a rotação do viscosímetro;
- Marcou-se 30 segundos para realização da medida;
- Após o tempo de 30 segundos, travou-se o ponteiro na medida efetuada;
- Feita a leitura da medida, multiplicou-se esse valor pelo fator de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Relação da Velocidade de Rotação X Fuso

FUSO 1		FUSO 2		FUSO 3		FUSO 4	
V	F	V	F	V	F	V	F
6	10	6	50	6	200	6	1000
12	5	12	25	12	100	12	500
30	2	30	10	30	40	30	200
60	1	60	5	60	20	60	100

Fonte GPC Química.

E assim foi feito para todas as medidas de viscosidade através do Viscosímetro Brookfield.

3.6.2 Procedimento Copo Ford nº8

Figura 3 – Copo Ford nº8



Fonte: GPC Química.

Para que fossem realizadas as medidas das viscosidades através do Copo Ford nº8, foi seguido o seguinte procedimento:

- Tampou-se o fundo do Copo com o dedo;
- Colocou-se a batida de cola dentro do Copo até sua superfície;
- Se passou um bastão na superfície para retirada do excesso de cola;
- Colocou-se o recipiente com o restante da cola embaixo do Copo;
- Zerou-se o cronômetro;
- Foi acionado o cronômetro no mesmo instante em que o dedo foi retirado do fundo do Copo;
- Foi travado o cronômetro assim que houve a primeira interrupção na cola que estava descendo pelo Copo;

Dessa forma, foram realizadas todas as medidas das viscosidades.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEMPO DE AGITAÇÃO COM MELHOR ESTABILIDADE DA VISCOSIDADE

De acordo com os objetivos deste trabalho, foram realizadas as batidas de cola com diferentes tempos de agitação em três repetições de tempo para que assim fosse feita a média das repetições e a análise de qual tempo teria a melhor estabilização da viscosidade da batida de cola durante seu *pot life*.

Através da estabilidade da viscosidade da batida é possível ter uma melhor aplicação da gramatura da cola nas lâminas, sendo possível a redução de custos no processo de preparo da batida e também no tempo de prensagem dos painéis.

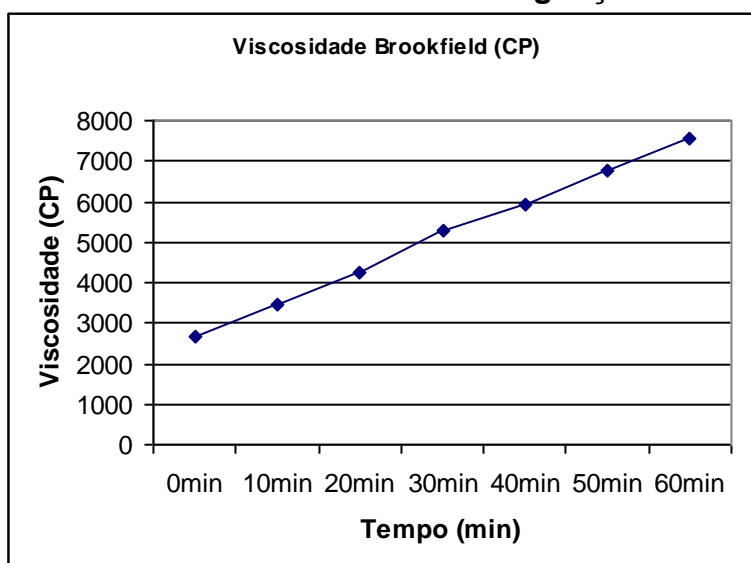
Como é possível observar na tabela 5 e no gráfico 1, quando a batida de cola é agitada por 5 minutos, a viscosidade tem um crescimento constante, quase linear, durante todo o *pot life* da batida, portanto agitando-se a batida por 5 minutos, não se tem um melhor aproveitamento da gramatura da cola aplicada nas lâminas, pois sua variação é muito grande durante todo o uso daquela batida.

Tabela 5 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos.

	Média - Batida de 5 minutos de agitação						
	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Viscosidade Brookfield (CP)	2650	3450	4266,67	5300	5933,33	6766,67	7566,67
Viscosidade Copo Ford 8 (s)	49	68,67	86	111	124,33	140,33	147,67

Fonte: Autor.

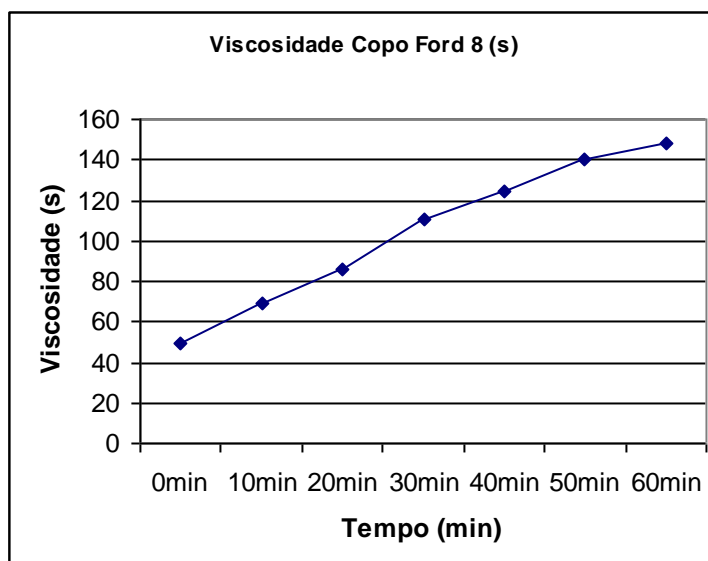
Gráfico 1 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos - Brookfield.



Fonte: Autor.

Como foram feitas medidas da viscosidade com dois aparelhos diferentes, é possível ser feita uma comparação entre as medidas feitas no Viscosímetro Brookfield e no Copo Ford nº8. Observando os Gráficos 1 e 2 é possível notar a semelhança das retas nos gráficos e assim verificar a relação entre as duas maneiras de executar a medida da viscosidade.

Gráfico 2 – Valores médios da batida com agitação de 5 minutos – Copo Ford nº8.



Fonte: Autor.

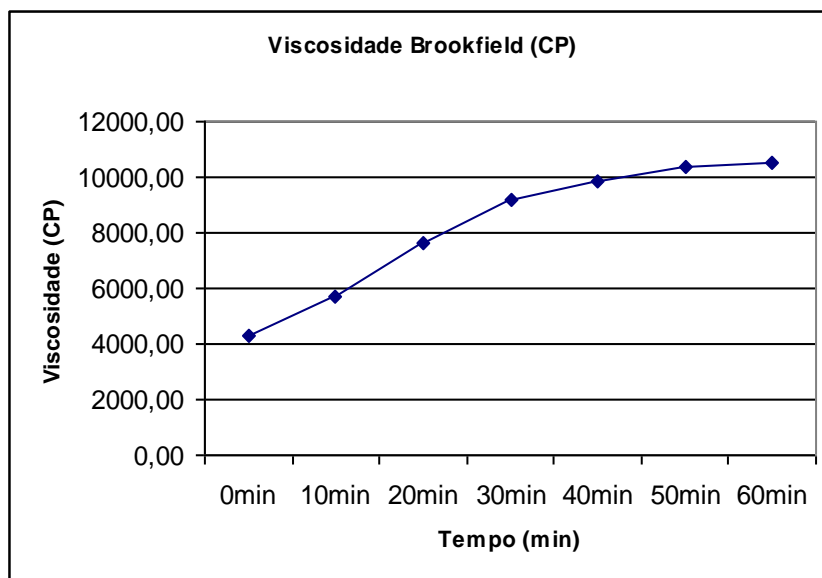
Quando a batida é agitada por 10 minutos, sua viscosidade tem uma variação menor, tendo um comportamento mais estável (Tabela 6), e após 35 minutos de uso, sua estabilidade é maior, podendo assim o processo de aplicação da cola nas lâminas ser mais controlado a partir desse período. É possível observar no Gráfico 3 que a batida atinge uma boa estabilidade entre 40 – 60 minutos de duração do seu *pot life*, e até seu fim, o aumento da viscosidade é pequeno, principalmente comparado com a batida de 5 minutos.

Tabela 6 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos

	Média - Batida de 10 minutos de agitação						
	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Viscosidade Brookfield (CP)	4333,33	5700	7666,67	9166,67	9883,33	10383,33	10516,67
Viscosidade Copo Ford 8 (s)	87,67	122,67	158,67	180,33	194	202,67	204,67

Fonte: Autor.

Gráfico 3 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos - Brookfield.

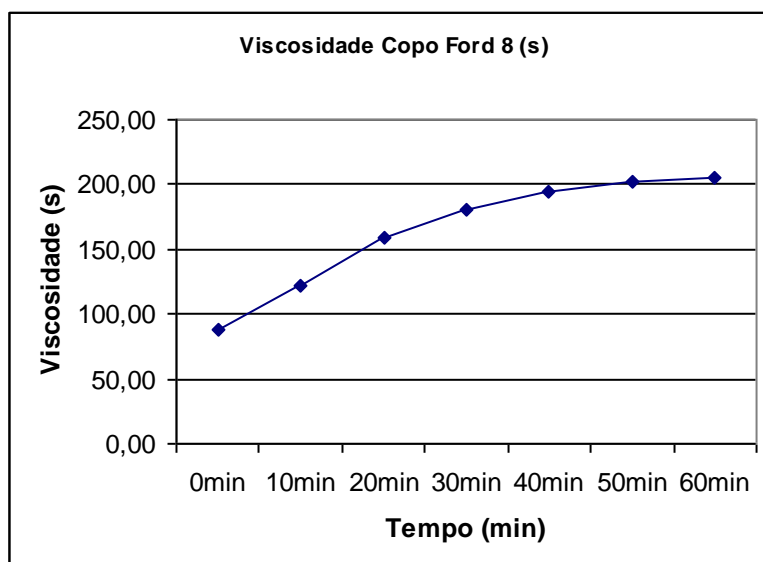


Fonte: Autor.

A partir do Gráfico 4, pode-se observar uma curva obtida através das medidas feitas com o Copo Ford nº8, e comparando-a com o Gráfico 4, podemos verificar como as duas curvas tem o mesmo comportamento, mostrando melhor a relação entre os métodos de medir a viscosidade, tanto o usado em laboratório (Brookfield),

quanto o usado no processo de fabricação dos painéis de compensado (Copo Ford nº8).

Gráfico 4 – Valores médios da batida com agitação de 10 minutos – Copo Ford nº 8.



Fonte: Autor.

Após a batida de cola ser agitada por 15 minutos (Tabela 7), esta consegue uma boa estabilização da viscosidade a partir de 30 minutos de seu *pot life* (Gráfico 5), e tendo uma pequena variação até o final do mesmo. Com este tempo de agitação, a viscosidade tem um comportamento mais estável durante toda a aplicação da batida no processo de fabricação dos painéis de compensado, e assim pode ser possível ter um melhor controle da gramatura da cola aplicada nas lâminas, e podendo também procurar reduzir assim os custos do processo de preparo da batida de cola, e também uma possível redução na quantidade de cola aplicada nas lâminas durante o processo de fabricação dos painéis de compensado.

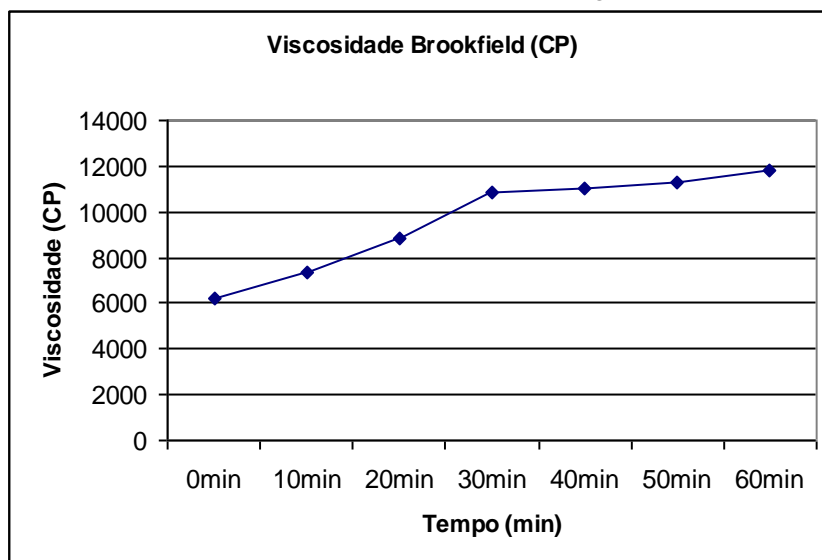
Além da estabilidade da viscosidade ser verificada através das medidas do Viscosímetro Brookfield, é possível também observar que no Copo Ford nº8 a estabilidade ocorre da mesma maneira (Gráfico 6). Desse modo é facilitada a maneira de verificar se continua ocorrendo o mesmo comportamento da viscosidade da batida durante o processo de aplicação da cola nas lâminas, pois nas fabricas de painéis é usado geralmente o Copo Ford nº8 para a verificação da viscosidade, devido ao seu custo e maior facilidade de uso.

Tabela 7 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos.

Média - Batida de 15 minutos de agitação							
	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Viscosidade Brookfield (CP)	6250	7366,67	8800	10866,67	11016,67	11316,67	11783,33
Viscosidade Copo Ford 8 (s)	136,33	145	181,33	220,67	209,67	213,33	219

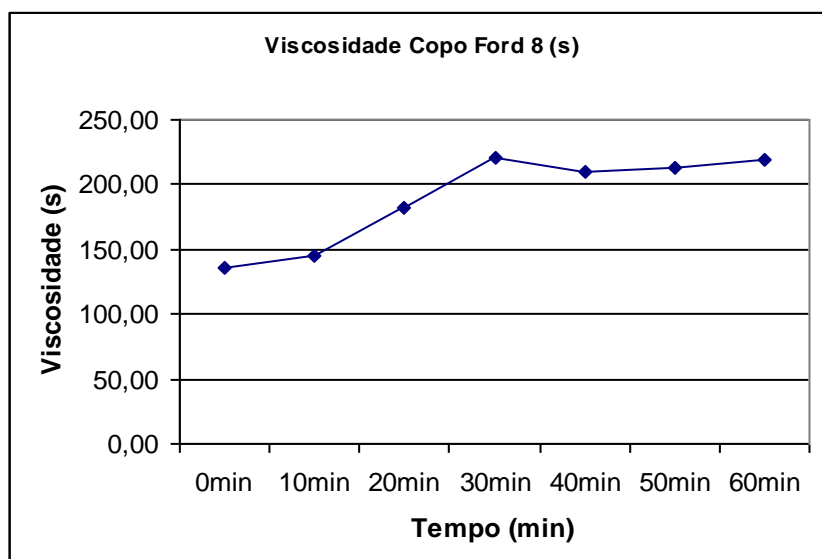
Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos - Brookfield.



Fonte: Autor.

Gráfico 6 – Valores médios da batida com agitação de 15 minutos – Copo Ford n°8.



Fonte: Autor.

De acordo com os dados obtidos na Tabela 8, após agitar a batida de cola por 20 minutos, esta tem um comportamento crescente linear durante todo seu *pot life*,

sendo um comportamento muito parecido quando a batida é agitada por 5 minutos, tendo com diferença principal a viscosidade que é bem mais elevada quando comparada com a batida de 5 minutos. Isso se deve ao fato de que como a batida teve sua agitação prolongada por um período três vezes maior que a batida de 5 minutos, é normal que sua viscosidade seja tão superior.

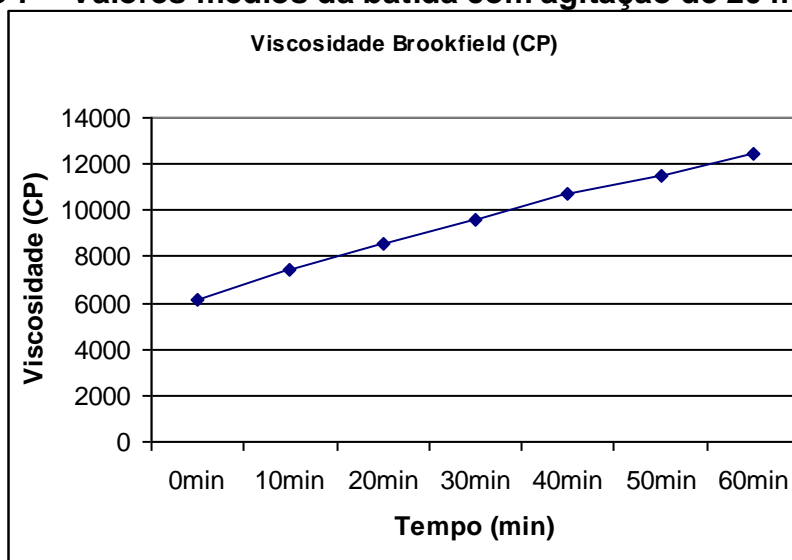
Pode-se observar no Gráfico 7, que o comportamento da batida de cola com agitação de 20 minutos é crescente e linear quando a viscosidade foi medida no viscosímetro Brookfield, e quando foi medida no Copo Ford nº 8, ela demonstrou um comportamento não linear. É preciso observar que o método mais indicado para se medir a viscosidade da batida, é o método pelo Viscosímetro Brookfield, pois é mais preciso e não é afetado pelo fator humano, isso desde que seja seguido o procedimento correto.

Tabela 8 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos.

	Média - Batida de 20 minutos de agitação						
	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Viscosidade Brookfield (CP)	6100	7416,67	8533,33	9566,67	10750	11466,67	12466,67
Viscosidade Copo Ford 8 (s)	143,33	150	168,67	191	223	223	234

Fonte: Autor.

Gráfico 7 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos - Brookfield.

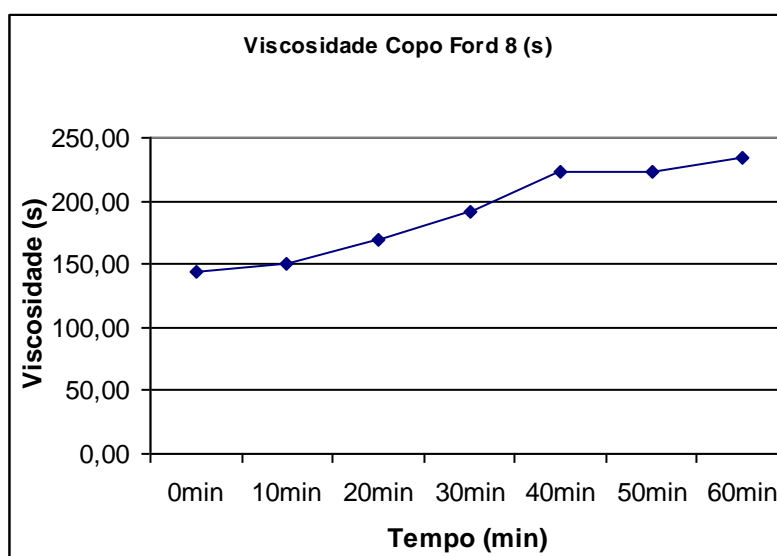


Fonte: Autor.

Quando a batida foi agitada por 20 minutos, as medidas de viscosidade não tiveram o mesmo comportamento que as outras batidas no que diz respeito à

comparação entre os dois métodos de análise da viscosidade. Isso se deve principalmente ao fato como a viscosidade ficou muito elevada, ela demorou mais tempo para ser medida no Copo Ford nº8 (Gráfico 8), mas para o caso da verificação da sua estabilidade é mais confiável a análise feita através do Viscosímetro Brookfield, pois este não é tão propício ao fator humano na sua medida.

Gráfico 8 – Valores médios da batida com agitação de 20 minutos – Copo Ford nº8.



Fonte: Autor.

Através da análise de todas as batidas de cola com os diferentes tempos de agitação, pode-se comparar as análises dos quatro tempos de agitação e dessa foram o tempo que promove a melhor estabilização da viscosidade da batida de cola é o tempo de 15 minutos de agitação. Isso devido ao fato de que a partir dos 30 minutos de duração da batida até o final de seu *pot life*, ela apresenta uma estabilidade boa quando comparada com as outras batidas. Sendo assim possível obter um melhor aproveitamento da cola em questão da gramatura aplicada nas lâminas, e também possível a busca pela redução no processo de preparação da batida de cola.

Sendo assim, para que possa ser otimizado o processo de preparo da batida de cola com resina fenólica através da maior estabilidade da viscosidade durante o

pot life da batida, deve-se agitar a batida durante 15 minutos antes dela ser aplicada nas lâminas para a colagem dos painéis de compensado.

4.2 REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE FARINHA NO PREPARO DA BATIDA

No preparo da batida de cola para a colagem dos painéis, tem necessário o uso da água e da farinha de trigo adicionados proporcionalmente na resina para que a cola seja aumentada, tendo a farinha de trigo a função de extensor na batida de cola.

Como a cola representa entre 10 – 20% do custo do painel de compensado, torna-se cada vez mais necessária a procura por maneiras de diminuição deste custo, assim através da estabilidade da viscosidade conseguida com otimização do tempo de agitação da batida de cola, é possível fazer uma redução na quantidade de farinha de trigo e proporcionalmente aumentar a quantidade de água para que seja mantido o mesmo teor de sólidos ativos na batida, obtendo assim uma batida de cola com um custo menor e com a mesma estabilidade da viscosidade durante seu *pot life* (Tabela 9).

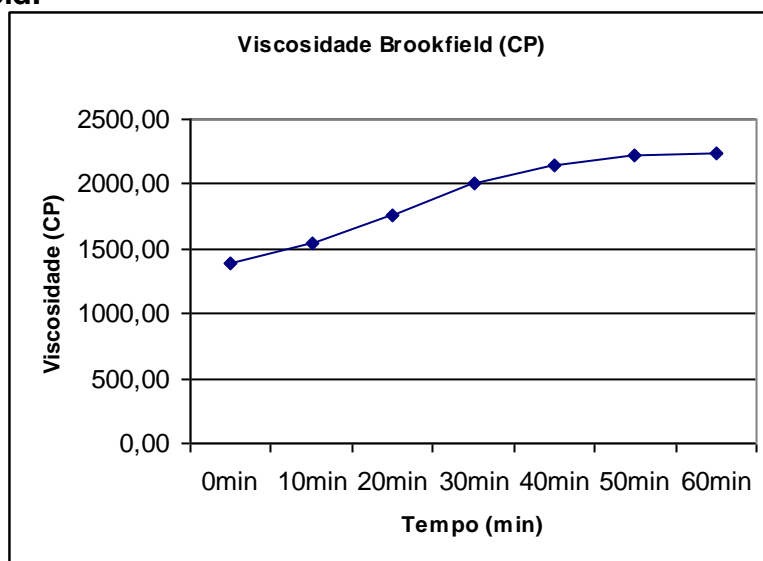
É possível observar esse resultado quando se passa da formulação de 100 partes de resina – 20 partes de água – 20 partes de farinha de trigo, para a formulação de 100 partes de resina – 25 partes de água – 15 partes de farinha de trigo. Nesta nova formulação ocorre a redução de 5 partes de farinha que representa uma redução no custo final da batida de cola. E a viscosidade da batida tem uma redução também, o que melhora a sua aplicação, pois influencia diretamente na fluidez da cola na madeira, e a gramatura pode ser melhor controlada durante toda a vida útil da batida, pois sua viscosidade se mantém com uma boa estabilidade, como é possível observar nos Gráficos 9 e 10.

Tabela 9 – Valores médios da batida com redução da farinha de trigo.

	Análise Batida Média						
	0min	10min	20min	30min	40min	50min	60min
Viscosidade Brookfield (CP)	1383,33	1550	1766,67	2000	2150	2216,67	2233,33
Viscosidade Copo Ford 8 (s)	30	34,67	37	41	44	48	48

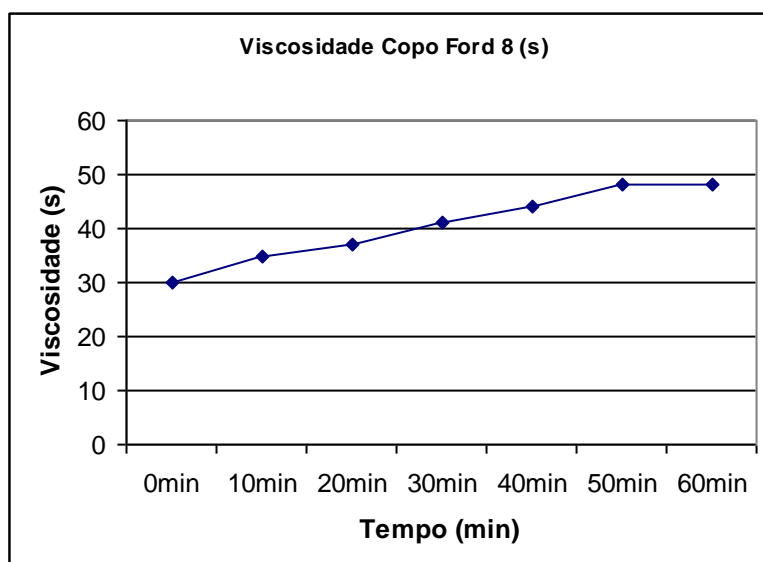
Fonte: Autor.

Gráfico 9 – Valores médios da batida com redução da farinha de trigo – Brookfield.



Fonte: Autor.

Gráfico 10 – Valores médios da batida com redução da farinha de trigo – Copo Ford n°8.



Fonte: Autor.

Desta maneira, é possível utilizar no preparo da batida de cola com resina fenólica o tempo de agitação da batida de 15 minutos para a otimização da viscosidade, e assim reduzir a quantidade de farinha na formulação, aumentando-se proporcionalmente a água. Conseguindo dessa forma uma boa estabilidade da

viscosidade da batida durante seu *pot life*, e a redução do custo preparo da batida, sendo isso algo que as fabricas estão sempre procurando obter nos seus processos.

5 CONCLUSÕES

- Quando se agita a batida de cola por 5 minutos, esta tem sua viscosidade se elevando constantemente, sem estabilização, o que pode ser prejudicial em relação a gramatura de aplicação da cola;
- Quando a batida é agitada por 10 minutos, esta tem um crescimento da viscosidade mais lento, podendo facilitar a aplicação da cola durante todo o *pot life* da batida;
- Após a batida ser agitada por 15 minutos, ocorre a estabilização da viscosidade a partir de 30 minutos depois do início do seu uso, e com esta estabilização é possível um melhor controle da gramatura de aplicação da cola durante todo o seu *pot life*;
- Depois da batida de cola ser agitada por 20 minutos, esta mostra um comportamento muito próximo de quando a batida é agitada por 5 minutos, ou seja, não ocorre uma estabilização da viscosidade da cola durante o uso da batida;
- É possível a redução da farinha de trigo e aumento da água na batida de cola na mesma proporção para ser mantida a % de sólidos ativos na batida, quando esta é agitada por 15 minutos, e depois usada, pois assim a viscosidade é diminuída e sua estabilidade é mantida, podendo, portanto melhorar a aplicação da cola e reduzindo seu custo no processo, uma vez que esta redução pode trazer uma economia de até 3,8% no custo da batida de cola fenólica, já que a farinha tem um custo médio de R\$ 0,65, chegando assim em uma fábrica que produz 2000 m³/mês de painéis há uma redução de aproximadamente R\$ 40000,00 no ano. Sendo essa economia no custo de produção muito importante para a empresa, principalmente na crise que existe no momento no mundo, afetando vários setores.

6 RECOMENDAÇÕES

De acordo com o estudo deste trabalho, podem ser apresentadas algumas recomendações:

- Para um estudo mais aprofundado da questão da estabilidade da viscosidade da batida de cola, se torna necessário um estudo do dimensionamento da bateadeira;
- A realização testes com diferentes resinas, com maior teor de sólidos, por exemplo, para obter o controle da estabilidade de mais tipos de resinas;
- Realização de testes com relação à redução dos insumos na composição da batida de cola, uma vez que se torna cada vez mais necessária a redução de custos na fabricação de painéis compensados que estão perdendo mercado para os painéis de MDF;

Através da entrada no mercado de trabalho como Engenheiro Industrial Madeireiro, pude perceber algumas dificuldades que as empresas do setor madeireiro passam e que o curso de Engenharia Industrial Madeireira pode com sua grade curricular ajudar a sanar. Dificuldades como controle de qualidade e de processo, redução de desperdícios e resíduos, entrada de novas tecnologias. Porém senti certa resistência das empresas com relação as mudanças, principalmente dos funcionários com grande tempo de experiência, pois na grande maioria tem a visão de que os recém formados engenheiros irão tomar seus lugares dentro das indústrias, sendo portanto em inúmeros casos difícil a aprendizagem prática e o treinamento nas indústrias, já que quem deveria colaborar com esse treinamento tem o pensamento de que perderá o seu lugar na empresa. Dessa forma, para que seja diminuída essa visão de que os Engenheiros Industriais Madeireiros estão querendo roubar os empregos das pessoas antigas nas empresas, e a dificuldade dos alunos na questão prática da formação, o curso poderia promover mais visitas nas empresas, assim como treinamentos práticos para os alunos poderem entrar no mercado de trabalho com uma visão mais concreta do setor.

REFERÊNCIAS

ABIMCI. **Artigo Técnico N°7** – Adesivos. Agosto, 2003.

ABIMCI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA
PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo Setorial 2008.**

FPL. **Wood handbook—Wood as an engineering material**. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p. 1999.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. FUPEF, Curitiba, 2005.

MATTOS, R. L. G. **Painéis de Madeira no Brasil** – Panorama e Perspectivas. BNDES - 2008.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

MENDES, L. M. Notas de aula de CIF-117 – **Processamento da madeira**. Universidade Federal de Lavras-Departamento de Ciências Florestais. Lavras/MG, 1996.

RAZERA, D. L. **Estudo sobre as Interações entre as variáveis do Processo de Produção de Painéis Aglomerados e Produtos Moldados de Madeira**. Tese apresentada para obtenção do Título de Doutor em Ciências Florestais, Curitiba, 2006.

VICK, C. B. **Adhesive Bonding of Wood Materials**. Forest Products Laboratory. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p. 1999.

YOUNGQUIST, J.A. **Wood-based Composites and Panel Products.**
Forest Products Laboratory. Wood handbook—Wood as an
engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S.
Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
463 p. 1999.

Sites Consultados:

www.abimci.com.br - Acesso em 25/07/2009.
www.adesivoseselantes.com.br - Acesso em 25/07/2009.
www.remade.com.br - Acesso em 27/07/2009.
www.revistareferencia.com.br - Acesso em 27/07/2009.
www.abipa.org.br – Acesso em 28/07/2009.
www.fao.org – Acesso em 28/07/2009.
www.ciflorestas.com.br - Acesso em 29/07/2009.
www.painelflorestal.com.br - Acesso em 29/07/2009.
www.bndes.gov.br - Acesso em 30/07/2009.